

## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Kayu Ulin

Ulin (*Eusideroxylon zwageri* T. et B.) atau yang dikenal juga dengan nama kayu besi Borneo, belian (Kalimantan), bulian ataupun onglon (Sumatera), termasuk salah satu jenis pohon asli pulau Kalimantan. Tinggi pohon ulin dapat mencapai 35 m dengan panjang batang bebas cabang 5-20 m. Pohon ulin pada umumnya memiliki diameter batang 100 cm yang kadang-kadang dapat mencapai 150 cm. Kulit luar bewarna coklat kemerah-merahan sampai coklat tua atau coklat kelabu dengan tebal 2-9 cm. Kayu ulin memiliki tekstur yang cukup kasar dengan arah serat lurus dan termasuk kayu kelas I dalam hal kekuatan dan keawetannya (Martawijaya dkk, 1989). Klasifikasi Ulin menurut Nurhasybi (2000) adalah:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Laurales
Family	: Lauraceae
Genus	: <i>Eusideroxylon</i>
Species	: <i>Eusideroxylon zwageri</i> T. et B

Kayu besi Borneo ini telah digunakan oleh suku asli Kalimantan sejak ratusan tahun yang lalu terutama pada rumah tradisional seperti Betang di Kalimantan Tengah dan Lamin di Kalimantan Timur. Sampai dengan sekarang, ulin dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, seperti konstruksi rumah/gedung, jembatan, tiang listrik, dan perkapalan. Masyarakat di Kalimantan memanfaatkan pula kayu ulin sebagai komponen konstruksi rumah seperti kusen jendela dan pintu, daun pintu, serta hiasan rumah.

Ulin merupakan jenis pohon penyusun hutan tropika basah yang multimanfaat yaitu dapat dilihat dari produk kayu dan produk non kayu, ekologi

dan sosial budaya (Noorhidayah dan Sidiyasa, 2006). Selain untuk konsumsi lokal, bagi Kalimantan Timur produksi olahan kayu ulin merupakan komoditas ekspor dan Cina merupakan negara pengimpor kayu ulin dari Kalimantan Timur yang terbesar (Nurhayati dkk, 2006).



(a)



(b)

**Gambar 2.1** (a) Kayu Ulin; (b) Daun, Bunga, dan Buah Ulin (Martawijaya dkk, 1989)

Kayu Ulin merupakan tanaman appendiks II CITES, yaitu suatu jenis yang pada saat ini tidak termasuk kedalam kategori terancam punah namun memiliki kemungkinan untuk terancam punah jika perdagangannya tidak diatur. Jenis ini boleh diperdagangkan untuk lokal dan beberapa ekspor selama *management authority* dari negara pengekspor mengeluarkan izin ekspor berdasarkan saran *scientific authority* yang telah mengadakan kajian dan telah menyimpulkan bahwa perdagangan jenis tumbuhan tersebut tidak akan membahayakan kelestariannya di alam (Soehartono dan Mardiasuti, 2003). Kayu ini tahan terhadap serangan rayap dan serangga penggerek, karena mempunyai zat ekstraktif *eusiderin* turunan dari *phenolic* yang beracun (Syafi'i, 2000).

## 2.2 Karakteristik Kayu Gelam

*Melaleuca sp.* atau yang dikenal dengan amis-amisan, kayu putih (Jawa), dan gelam (Sumatera), merupakan pohon anggota suku jambu-jambuan (*Myrtaceae*) yang dimanfaatkan sebagai sumber minyak kayu putih (*cajuput oil*). Tumbuh di daerah tropika basah pada suhu 17–33°C dan curah hujan 1.300-1.750 mm/tahun. Jenis ini dapat tumbuh pada ketinggian tempat 5 - 400 mdpl tetapi tumbuh optimal di daerah berawa dan biasa ditemukan setelah vegetasi mangrove (daerah peralihan mangrove dan darat). Kayu gelam ditemukan melimpah di hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan pesisir Sumatera Selatan. Permukaan pepagan gelam berwarna putih atau kuning kecoklatan, mudah mengelupas kasar

seperti lembaran kertas yang sangat tipis dan lembut. Tekstur halus dan memiliki arah serat lurus hingga berpadu. Tinggi pohon sedang atau besar mencapai 40 m dengan diameter batang 30 - 35 cm (Kementerian Kehutanan, 2013).



**Gambar 2.2** (a) Kayu Gelam; (b) Kulit Gelam (Kementerian Kehutanan, 2013)

Gelam memiliki prospek yang bagus untuk dikelola dengan baik dan dikembangkan karena pertumbuhan gelam yang begitu pesat yaitu dengan riap 1 - 1,5 cm/tahun (Rachmanady dkk, 2004). Pemanfaatan kayu gelam dari aspek teknologi didukung dengan batang bebas cabang yang cenderung lurus/bagus dan keras. Kayu ini digunakan untuk bahan bangunan, lantai, papan dinding, bantalan, rangka pintu, jendela, perkapalan, dan arang. Berdasarkan data uji sifat kayu, kayu gelam termasuk kelas kuat II dan kelas awet III (Kementerian Kehutanan, 2013). Kelas awet ini menunjukkan kemampuan kayu untuk bertahan dalam suatu kondisi pemakaian yaitu mampu bertahan selama 3 tahun dalam penggunaan yang berhubungan dengan tanah lembab (Departemen Pertanian, 1976).

Kebutuhan akan kayu telah mendorong penggunaan kayu berdiameter kecil. Saat ini masyarakat memanfaatkan kayu gelam berdiameter kecil (<10 cm). Apabila bentuk batang bagus dengan tinggi dan diameter yang memadai, kayu gelam dapat dimanfaatkan untuk banyak penggunaan salah satunya sebagai cerucuk (tiang pancang atau pondasi dalam tanah rawa). Kayu gelam sebagai cerucuk telah menunjukkan kekuatannya di masyarakat untuk waktu puluhan tahun yaitu mencapai 30 tahun masa pemakaian.

Cerucuk adalah sistem pondasi rumah di tanah rawa, terdiri atas kayu gelam berbaring, berdiri, dan ditimbun dalam tanah rawa. Penggunaan kayu gelam ini mendukung pelestarian lingkungan dengan menghemat penggunaan kayu sebagai cerucuk (Supriyati dkk, 2015).



## 2.3 Sifat-sifat Material Kayu

Kayu berasal dari berbagai jenis pohon yang memiliki sifat yang berbeda-beda. Jika dibandingkan dari ujung hingga pangkalnya, kayu yang berasal dari satu pohon yang sama dapat memiliki sifat yang berbeda. Sifat yang dimaksud adalah sifat fisik dan sifat mekanik kayu.

### 2.3.1 Sifat Fisik Kayu

Sifat fisik adalah karakteristik kuantitatif dan ketahanan dari pengaruh lingkungan. Sifat fisik yang penting diperhatikan dari kayu diantaranya adalah kadar air dan berat jenis (Bowyer dkk, 2003).

#### 1. Berat Jenis

Berat jenis atau jumlah substansi dinding sel pada kayu adalah perbandingan antara kerapatan suatu benda yang dalam hal ini kayu dengan kerapatan benda standar yang umumnya berupa air. Namun karena pada suhu 4°C nilai kerapatan air adalah 1 gr/cm<sup>3</sup>, maka pada kayu nilai kerapatannya ditentukan berdasarkan massa kering oven dan volume basah. Oleh karena berat jenis merupakan perbandingan kerapatan suatu benda (kayu) terhadap kerapatan benda standar (kerapatan air 1 gr/cm<sup>3</sup>), sehingga dalam praktiknya berat jenis kayu tidak memiliki satuan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi berat jenis kayu yaitu umur pohon, tempat tumbuh, posisi kayu dalam batang, dan kecepatan tumbuh. Berat jenis kayu merupakan salah satu sifat fisik kayu yang penting sehubungan dengan penggunaannya (Pandit dan Hikmat, 2002). Penentuan berat jenis dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1 berdasarkan ASTM D 2395-14 *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials*.

$$S_M = \frac{K \times m_M}{V_M} \quad 2.1$$

Dimana:

$S_M$  = Berat Jenis (gr/cm<sup>3</sup>)

$m_M$  = Massa Kering Udara (gr)

- $V_M$  = Volume sampel,  $p \times l \times t$  (cm<sup>3</sup>)
- $K$  = Konstanta ditentukan oleh satuan yang digunakan untuk mengukur massa dan volume,  $K = 1$  (dimana massa dalam gr dan volume dalam cm<sup>3</sup>)

Berdasarkan volume basahnya, berat jenis kayu akan mencerminkan berat kayu. Semakin tinggi berat jenis kayu, kayu akan semakin berat dan semakin kuat. Berdasarkan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961, kekuatan kayu yang didasarkan kekuatan absolut ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Berat Jenis Kering Udara Kayu (PKKI, 1961)

<b>Kelas Kuat</b>	<b>Berat Jenis Kering Udara</b>	<b>Kekuatan Lengkung Absolut (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Kekuatan Tekan Absolut (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
I	≥ 0,90	≥ 1100	≥ 650
II	0,90 – 0,60	1100 – 725	650 – 425
III	0,60 – 0,40	725 – 500	425 – 300
IV	0,40 – 0,30	500 – 360	300 – 215
V	< 0,30	< 360	< 215

## 2. Kadar Air

Kadar air adalah persentase air yang terkandung dalam kayu dinyatakan dalam persen terhadap massa kering ovennya (Bowyer dkk, 2003). Kadar air sangat dipengaruhi oleh sifat higroskopis kayu, artinya kayu mempunyai daya tarik terhadap air baik dalam bentuk uap atau cair, masuk dan keluarnya air dari kayu membuat kayu basah atau kering, akibatnya kayu akan mengembang dan menyusut. Air dalam kayu terdiri dari air bebas dan air terikat dimana keduanya secara bersamaan menentukan kadar air kayu. Air yang terdapat dalam rongga sel kayu disebut sebagai air bebas (*free water*) sedangkan air yang terdapat di dalam dinding sel disebut air terikat (*bound water*).

Kadar air yang maksimum terjadi pada saat seluruh rongga sel penuh berisi air bebas dan dinding sel jenuh air. Pada kayu basah yang baru ditebang, kadar air mencapai 40% hingga 200%. Kondisi dimana dinding sel jenuh dengan air sedangkan rongga sel kosong dinamakan kadar air titik jenuh serat

(Simpson, 1999). Kadar air kayu yang berada di bawah titik jenuh serat akan memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan kadar air yang berada di atas titik jenuh serat. Kadar air yang tinggi akan mengakibatkan proses penguapan kayu lebih cepat meskipun dalam suhu kamar dan juga dapat mengakibatkan perpindahan zat ekstraktif dalam kayu muncul ke permukaan kayu. Kadar air titik jenuh serat besarnya tidak sama untuk setiap jenis kayu yang disebabkan karena perbedaan struktur dan komponen kimia. Menurut Tsoumis (1991), besarnya titik jenuh serat berkisar antara 20% - 40%.

Dalam satu jenis pohon kadar air bervariasi tergantung pada tempat tumbuh dan umur pohon. Kadar air kayu akan berubah sesuai dengan kondisi iklim tempat dimana kayu berada akibat dari perubahan suhu dan kelembaban udara (Bowyer dkk, 2003). Kadar air suatu kayu perlu diketahui sebelumnya untuk memudahkan pekerjaan dalam mengolah kayu. Berikut jenis kadar air pada kayu menurut NI-5 Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961, yaitu:

- a. Kadar air kering mutlak (kering oven), dimana kadar airnya 0%;
- b. Kadar air kayu kering udara < 24% , dimana air terdapat didalam dinding sel dan dalam serat sel tidak jenuh air;
- c. Kadar air kayu jenuh serat berkisar antara 24 - 30%, dimana serat tidak jenuh dan tidak ada air dalam rongga kayu; dan
- d. Kadar air kayu basah berkisar antara 40 - 200%, dimana serat jenuh air dan rongga terisi air. Kondisi ini diperoleh setelah kayu lama disimpan didalam air.

Berdasarkan ASTM D 4442-92 *Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Based Materials*, dalam menentukan kadar air dalam kayu dapat digunakan Persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$\omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad 2.2$$

Dimana:

- $\omega$  = Kadar Air (%)  
 $W_1$  = Massa Awal (gr)  
 $W_2$  = Massa Kering Oven (gr)



### 2.3.2 Sifat Mekanik Kayu

Ukuran ketahanan kayu terhadap gaya luar yang cenderung merubah bentuk benda disebut dengan sifat mekanik kayu. Ketahanan kayu tersebut tergantung pada besarnya gaya dan cara pembebanan (tarik, tekan, geser, dan pukul). Kayu menunjukkan perbedaan sifat mekanik dalam arah pertumbuhan aksial, radial, dan tangensial yang berbeda (Tsoumis, 1991). Dalam penggunaan struktural, sifat mekanik kayu merupakan kriteria pertama untuk pemilihan bahan baku yang akan digunakan (Bowyer dkk, 2003). Sifat mekanik kayu yang penting untuk penggunaan struktural diantaranya adalah kekuatan lengkung (lentur), kekuatan tarik, dan kekerasan (*hardness*).

#### 1. Kekuatan Lentur

Kuat lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu. Sifat mekanik yang dapat diperoleh dari uji lenturan adalah *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rupture* (MOR).

*Modulus of Rupture* (MOR) atau biasa disebut dengan modulus patah adalah sifat kekuatan kayu yang menentukan besarnya kapasitas beban maksimum pada lentur dan proporsional terhadap momen maksimum, juga menggambarkan besarnya beban yang dapat dipikul oleh sebuah papan atau balok kayu.

*Modulus of Elasticity* (MOE) menunjukkan ketahanan elastik kayu terhadap deformasi dibawah pembebanan yang berhubungan langsung dengan kekakuan kayu. Apabila tekanan yang diberikan tidak melebihi batas proporsi maka tidak akan menimbulkan defleksi karena semakin tinggi nilai MOE akan semakin berkurang defleksi bahan dengan ukuran tertentu pada beban tertentu (Haygreen dan Bowyer, 1982). MOE terkait hubungan dengan proporsional tegangan regangan dan dapat dihitung dari kurva tegangan regangan karena perubahan dalam tegangan menyebabkan perubahan dalam regangan. Nilai modulus elastisitas kayu bervariasi antara  $25.510 \text{ kg/cm}^2 - 173.469 \text{ kg/cm}^2$ .

Berdasarkan SNI 03-3959-1995 Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium dan ASTM D 143-94 (*Reapproved 2000*) *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*, hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengujian kuat lentur kayu adalah sebagai berikut.

a. Benda Uji

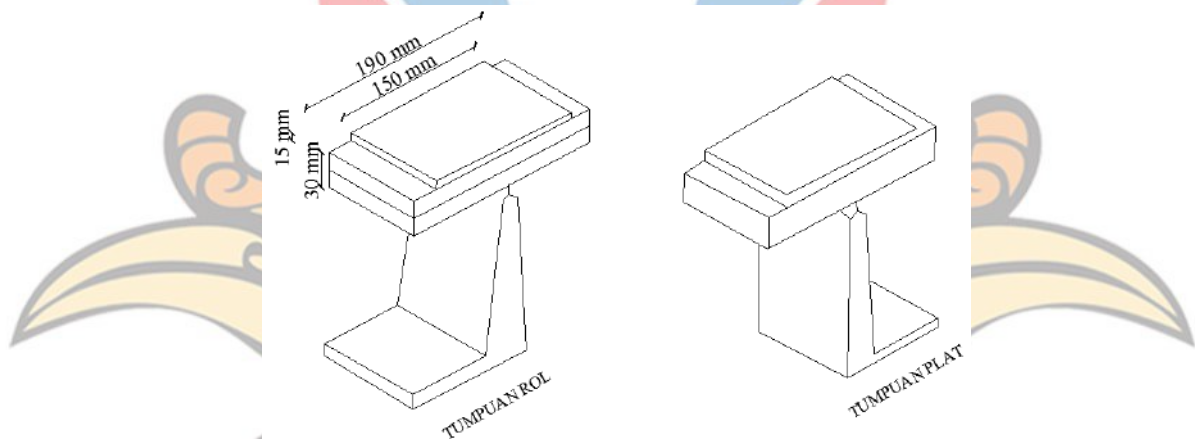
Benda uji harus memenuhi ketentuan:

1. Bentuk dan ukuran untuk metode uji primer (50 x 50 x 760) mm dan metode uji sekunder (25 x 25 x 410) mm;
2. Ketelitian ukuran benda uji pada tengah bentang  $\pm 0,25$  mm; dan
3. Kadar air kayu maksimum 20%.

b. Peralatan

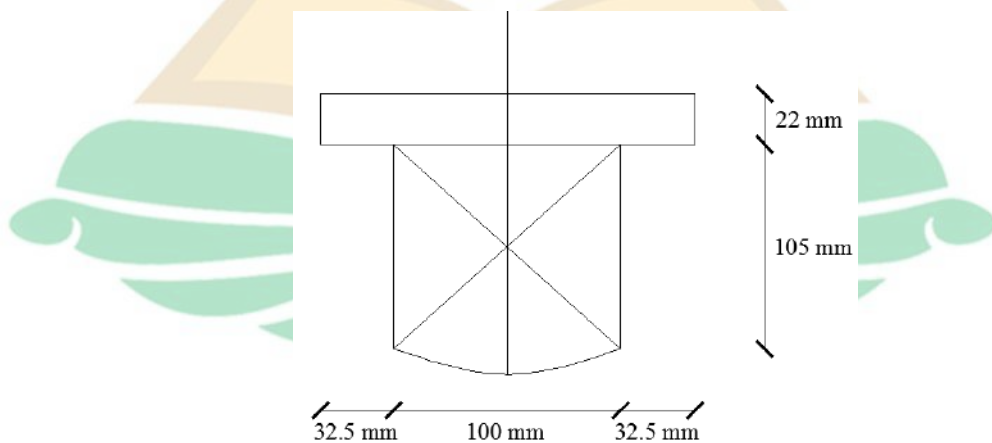
Peralatan harus memenuhi ketentuan :

1. Kedua tumpuan pelat dan rol yang terbuat dari baja harus mempunyai bentuk dan ukuran seperti Gambar 2.3 dan harus memungkinkan benda uji bisa bergerak ke arah horizontal;



**Gambar 2.3** Bentuk dan Ukuran Tumpuan Plat dan Rol (SNI 03-3959-1995)

2. Bantalan penekan untuk pemberian beban terbuat dari material baja, harus mempunyai bentuk dan ukuran seperti pada Gambar 2.4;



**Gambar 2.4** Bentuk dan Ukuran Bantalan Penekan (SNI 03-3959-1995)



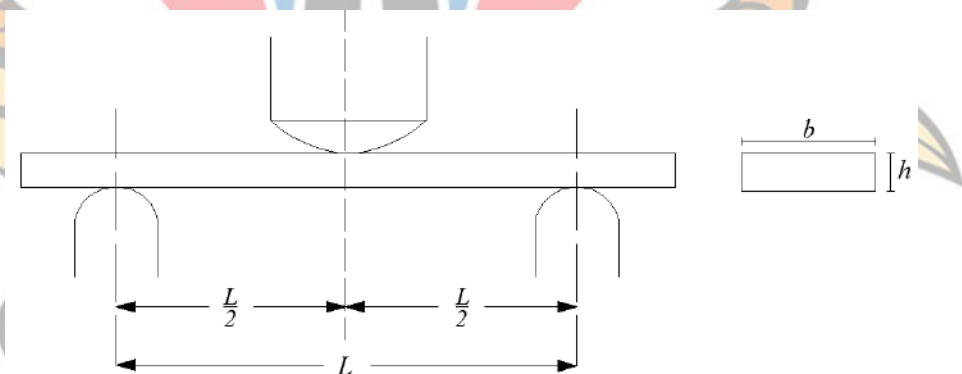
3. Mesin uji yang digunakan untuk pengujian kuat lentur harus memenuhi ketentuan yang berlaku, dan juga harus memenuhi persyaratan kecepatan pembebanan.

c. Jarak Tumpuan

Benda uji diletakkan di atas kedua tumpuan pelat dan rol, dengan jarak tumpuan 710 mm (metode uji primer) dan 360 mm (metode uji sekunder).

d. Letak Beban

Pembebanan pada benda uji dilakukan dengan meletakkan bantalan penekan di tengah bentang. Bantalan penekan berfungsi memberikan gaya tekan pada benda uji saat pengujian berlangsung. Metode pengujian lentur disebut dengan *point bending*, memiliki 2 tipe yaitu *Three-point bending* dan *Four-point bending* (Khamid, 2011). Pada penelitian ini digunakan skema pengujian *Three-point bending* dimana pada pengujian terdapat 2 tumpuan dan 1 penekan yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Skema Pengujian *Three-point Bending* (ASTM, 1984)

e. Kecepatan Pembebanan

Kecepatan pembebanan harus memenuhi ketentuan, yaitu kecepatan gerakan beban 2,5 mm per menit dengan diperbolehkan ada penyimpangan  $\pm 25\%$ .

f. Besar Benda Uji

Besarnya beban uji harus memenuhi ketentuan, yaitu besarnya beban maksimum sampai dengan benda uji mengalami patah.

g. Perhitungan Kuat Lentur

Kuat lentur dari benda uji dihitung dengan Persamaan 2.3.

$$f_b = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Dimana:

- $f_b$  = Kuat lentur (MPa)
- $P$  = Beban uji maksimum (N)
- $L$  = Jarak tumpuan (mm)
- $b$  = Lebar benda uji (mm)
- $h$  = Tinggi benda uji (mm)

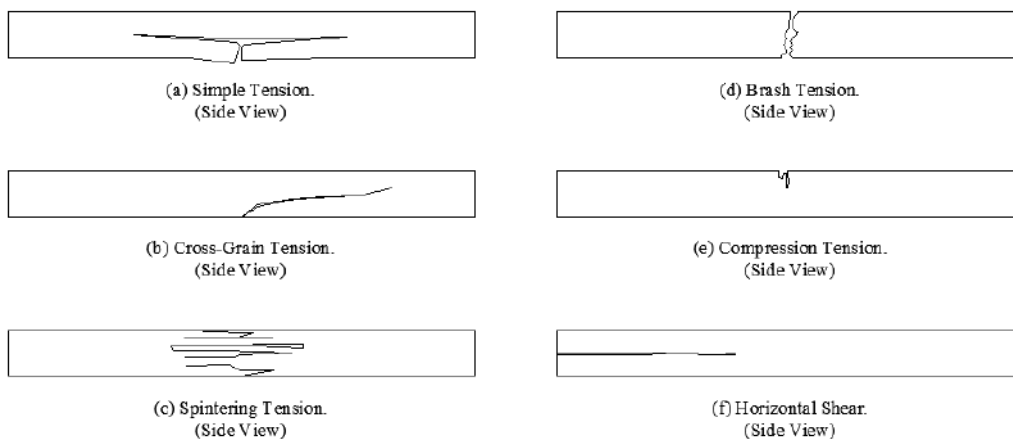
Selain itu, untuk menghitung besarnya MOE ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.4 sebagai berikut.

$$MOE = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta ybh^3}$$

Dimana:

- $MOE$  = *Modulus of Elasticity* (MPa)
- $\Delta P$  = Perubahan beban yang terjadi dibawah batas proporsi (N)
- $L$  = Jarak sangga (mm)
- $\Delta y$  = Perubahan defleksi akibat beban (mm)
- $b$  = Lebar benda uji (mm)
- $h$  = Tinggi benda uji (mm)

Bentuk-bentuk keretakan yang terjadi pada benda uji akibat pengujian kuat lentur ditunjukkan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Bentuk Keretakan Uji Kuat Lentur (ASTM D 143-94, 2000)

## 2. Kekuatan Tarik

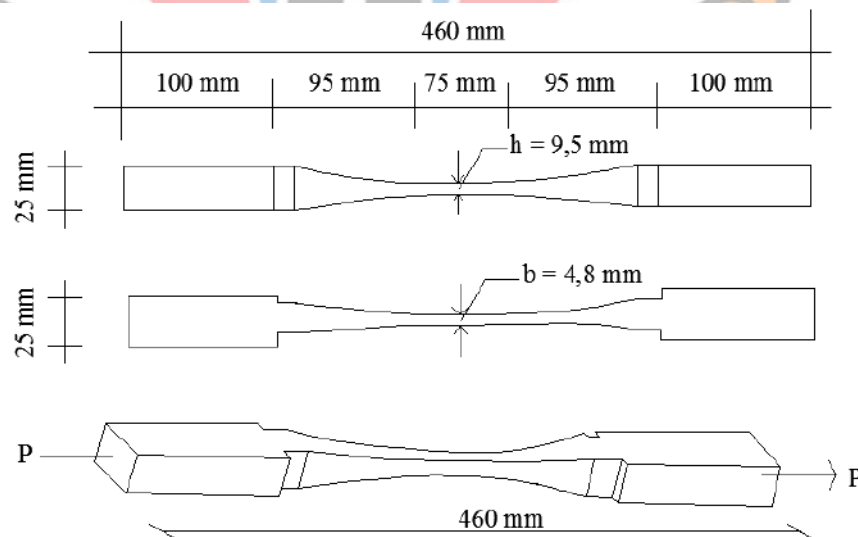
Kekuatan atau keteguhan tarik suatu jenis kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu. Tegangan tarik terbesar pada kayu ialah sejajar arah serat, sebaliknya kekuatan tarik terendah pada tegak lurus serat kayu. Keteguhan tarik ini mempunyai hubungan dengan ketahanan kayu terhadap pembelahan (Forest Products Laboratory, 1999). Nilai *modulus of rupture* (MOR) kadang-kadang digantikan untuk kekuatan tarik yang kecil pada kayu.

Berdasarkan SNI 03-3399-1994 dan ASTM D 143-94 (*Reapproved 2000*) hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengujian kuat tarik kayu sebagai berikut.

### a. Benda Uji

Ketentuan benda uji kuat tarik kayu sebagai berikut:

1. Ukuran dan bentuk benda uji untuk kuat tarik sejajar (//) serat ditunjukkan pada Gambar 2.7;



**Gambar 2.7** Benda Uji Kuat Tarik Sejajar Serat (SNI 03-3399-1994)

2. Ketelitian ukuran penampang benda uji  $\pm 0,25$  mm dengan ukuran panjang benda uji tidak boleh lebih dari 1 mm; dan
3. Kadar air kayu maksimum 20%.

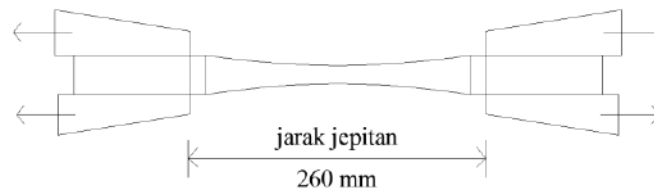
### b. Peralatan

Mesin uji yang digunakan untuk pengujian kuat tarik harus memenuhi ketentuan yang berlaku, dan juga harus memenuhi kecepatan pembebanan.



c. Jarak Jepitan

Jarak jepitan pada benda uji tarik sejajar serat ditentukan 260 mm.



**Gambar 2.8** Jarak Jepitan Uji Kuat Tarik Sejajar Serat (SNI 03-3399-1994)

d. Kecepatan Pembebanan

Kecepatan pembebanan harus memenuhi ketentuan kecepatan gerakan uji tarik sejajar serat sebesar 20 MPa/menit.

e. Besar Beban Uji

Besarnya beban uji harus memenuhi ketentuan, yaitu besarnya beban maksimum sampai dengan benda uji mengalami putus.

f. Perhitungan Kuat Tarik

Kuat tarik dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$f_{t//} = \frac{P_{max}}{A} \quad 2.5$$

Dimana:

$f_{t//}$  = Tegangan tarik sejajar serat (MPa)

$P_{max}$  = Beban tarik maksimum (N)

$A$  = Luas bagian yang ditarik (mm<sup>2</sup>)

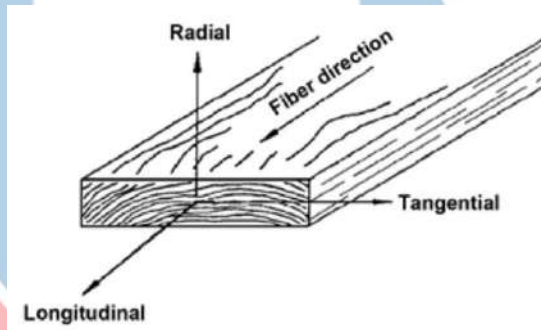
### 3. Kekerasan (*hardness*)

Kekerasan kayu merupakan kemampuan kayu untuk menahan kikisan (abrasi) dan perusakan pada permukaannya atau sebagai ketahanan terhadap penekanan (Mardikanto dkk, 2011). Pada dasarnya sifat kekerasan kayu dipengaruhi oleh kerapatannya, selain itu ditentukan pula oleh ukuran serat, daya ikat antar serat serta susunan serat kayunya.

Penentuan kekerasan pada kayu dapat ditentukan dengan pengujian kekerasan Brinnel yang menggunakan bola penekan (Forest Products Laboratory, 1999). Kayu ditekan dengan mesin penekan sampai bola baja masuk

ke kayu sedalam  $\frac{1}{2}$  dari diameter bola baja. Kayu yang memiliki kekerasan yang tinggi akan memiliki kekuatan yang tinggi pula. Kekuatan kekerasan kayu dapat di ukur dari tiga sumbu utama kayu yaitu:

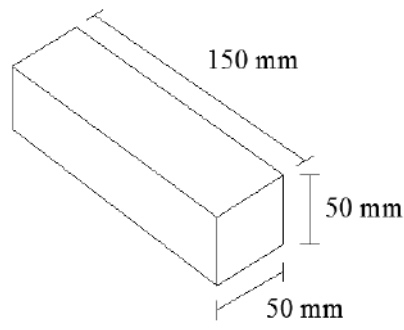
- a. Tangensial, menurut arah garis singgung lingkaran batangnya;
- b. Longitudinal, arah sejajar serat/batang; dan
- c. Radial, arah menuju pusat/hati kayu.



**Gambar 2.9** Tiga Sumbu Utama Kayu (Forest Products Laboratory, 1999)

Berdasarkan SNI 03-6842-2002 dan ASTM D 143-94 (*Reapproved 2000*) hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengujian kekerasan kayu adalah sebagai berikut.

- a. Kelompok benda uji dari kayu yang sama jenisnya;
- b. Benda uji bebas cacat;
- c. Setiap benda uji harus diberi identitas nomor dan huruf sehingga mencerminkan urutan dan jenis kayu;
- d. Bentuk dan ukuran benda uji seperti pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Benda Uji Kekerasan Kayu (SNI 03-6842-2002)

- e. Ketelitian penampang benda uji  $\pm 0,25$  mm;
- f. Benda uji harus kering udara dan kadar air maksimum 18%; dan
- g. Ketelitian pengukuran kelembaban benda uji dan contoh uji  $\pm 0,2\%$ .

Besar nilai kekerasan pada kayu dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.6 sebagai berikut.

www.itk.ac.id

$$f_k = \frac{P}{A_0} \quad 2.6$$

Dimana:

- $f_k$  = Kekerasan kayu (MPa)  
 $P$  = Beban intender peluru baja (N)  
 $A_0$  = Luas tembereng bola, 100 mm<sup>2</sup>

## 2.4 Mortar dan Bahan Penyusun Mortar

Pada subbab ini berisi penjelasan dan teori mengenai teknologi mortar, bahan-bahan penyusun mortar, dan *mix design* mortar.

### 2.4.1 Definisi Mortar

Mortar didefinisikan sebagai campuran material yang terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, atau semen portland), dan air dengan komposisi tertentu (SNI 03-6825-2002). Bahan pengikat antara semen dan air bereaksi secara kimia sehingga membuat suatu bahan yang padat dan tahan lama. Mortar menghasilkan retakan dan lekatan yang baik dan dapat membagi tegangan tekan secara merata sehingga tahan lama. Tjokrodimuljo (2012) membagi mortar berdasarkan jenis dengan membedakan bahan pengikatnya, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar semen, dan mortar khusus.

Adukan mortar berdasarkan tujuan penggunaannya dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu:

- Adukan untuk pasangan yang biasa digunakan untuk merekat bata membentuk konstruksi tembok; dan
- Adukan plesteran yang dipakai untuk menutup permukaan tembok atas untuk meratakan tembok.

Berdasarkan tujuan tersebut, maka akan didapatkan susunan bahan untuk membuat adukan yang berbeda. Adukan untuk pasangan harus kuat terhadap beban tekan, lentur, dan tarik karena lebih banyak menerima beban. Adukan plesteran menerima beban yang relatif kecil namun sifat keawetannya perlu diperhatikan



dalam hal ini tahan terhadap pengaruh luar seperti perubahan suhu. Penelitian dari Tjokrodinuljo (2012), mortar dengan kualitas baik harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Murah dan tahan lama;
- b. Mudah dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang, dan diratakan);
- c. Melekat dengan baik pada bata, batu, dan sebagainya;
- d. Cepat kering dan mengeras;
- e. Tahan terhadap rembesan air; dan
- f. Tidak ada retakan setelah dipasang.

Dalam SNI 03-6882-2002 Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan, mortar diklasifikasi menjadi 5 tipe berdasarkan proporsi bahan (*proportion specifications*) dan sifat mortar (*property specification*) yaitu mortar tipe M, S, N, O, dan K. Spesifikasi masing-masing tipe mortar diperlihatkan dalam Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

**Tabel 2.2** Persyaratan Proporsi (SNI 03-6882-2002)

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)				Rasio agregat (pengukuran pada kondisi lembab dan gembur)	
		Semen portland/ semen giling	Semen Pasangan				Kapur padam/ kapur pasta
			M	S	N		
Kapur Semen	M	1	...	...	...	¼	2 ¼ - 3 kali
	S	1	...	...	...	> ¼- ½	jumlah volume
	N	1	...	...	...	> ¼- 1 ¼	bahan bersifat
	O	1	...	...	...	> 1 ¼-2 ½	semen
Semen Pasangan	M	1	...	...	1	...	...
	M	...	1	...	...	...	2 ¼ - 3 kali
	S	½	...	...	1	...	jumlah volume
	S	...	...	1	...	...	bahan bersifat
	N	...	...	...	1	...	semen
	O	...	...	...	1	...	...

**Tabel 2.3** Persyaratan Spesifikasi (SNI 03-6882-2002)

Mortar	Tipe	Kuat tekan rata-rata 28 hari min. (MPa)	Retensi air min. (%)	Kadar udara maks. (%)	Rasio agregat
					(pengukuran pada kondisi lembab dan gembur)
Kapur	M	17,2	75	12	2 ¼ - 3 ½ jumlah volume bahan bersifat semen
	S	12,4	75	12	
Semen	N	5,2	75	14	
	O	2,5	75	14	
Semen	M	17,2	75	18	
	S	12,4	75	18	
Pasangan	N	5,2	75	20	
	O	2,5	75	20	

Pada penelitian ini digunakan mortar jenis semen dengan tipe mortar N. Mortar semen terdiri dari campuran air, semen portland, dan agregat halus pada perbandingan volume semen dan volume pasir antara 1:2 sampai dengan perbandingan 1: 8. Mortar semen digunakan untuk tembok, pilar, balok, kolom, dan bagian bangunan lain yang dapat menahan beban. Mortar ini lebih kedap air dibandingkan mortar yang lain maka dapat dipakai pula untuk bagian luar dan bagian yang berada di bawah tanah. Mortar tipe N adalah mortar yang umum digunakan untuk pekerjaan konstruksi pasangan di atas tanah. Mortar tipe ini digunakan untuk menahan beban pondasi dalam maupun luar. Mortar dengan kekuatan sedang ini menggunakan semen pasangan tipe N atau kapur semen.

#### 2.4.2 Bahan Penyusun Mortar

Selain beton, dalam konstruksi bangunan dikenal dengan istilah mortar. Fungsi dari mortar ini tidak lain sebagai matrik pengikat atau bahan pengisi bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat struktural maupun non-struktural. Mortar terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen Portland), dan air. Persyaratan pemakaian bahan untuk campuran mortar adalah sebagai berikut.

**a. Semen atau PC (*Portland Cement*)**

Semen portland diperlukan sebagai bahan pengikat campuran mortar menjadi suatu massa yang keras. Ketika air ditambahkan ke dalam campuran semen, proses kimiawi yang disebut hidrasi akan berlangsung. Senyawa kimia di dalam semen akan bereaksi dengan air dan membentuk komponen baru yang disebut pasta semen. Adapun empat senyawa dari semen yaitu:

1. Trikalsium Silikat ( $C_3S$  atau  $3CaO.SiO$ )

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas, berpengaruh besar pada pengerasan semen sebelum umur 14 hari, kurang ketahanan terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan kemungkinan sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume.

2. Dikalsium Silikat ( $C_2S$  atau  $2CaO.SiO$ )

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari umur 14 hari sampai dengan 28 hari dan seterusnya. Dengan kadar  $C_2S$  banyak maka akan memiliki ketahanan terhadap agresi kimiawi yang relatif tinggi, pengerasan yang lambat, dan panas hidrasi yang rendah.

3. Trikalsium Aluminat ( $C_3A$  atau  $3CaO.Al_2O_3$ )

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Jika kandungan unsur ini lebih besar dari 10% akan menyebabkan kurang tahan terhadap asam sulfat. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya terutama dalam 14 hari.

4. Tetrakalsium Aluminoferrit ( $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ )

Senyawa ini kurang penting karena tidak begitu besar pengaruhnya terhadap kekuatan dan kekerasan semen.  $C_4AF$  hanya berfungsi untuk menyempurnakan reaksi pada dapur pembakaran pembentukan semen.

Dua unsur pertama (1 dan 2) biasanya merupakan 70 - 80% dari kandungan berat semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodinuljo, 1996).



Berbagai macam semen dapat dirubah kadar masing-masing komponennya untuk menentukan tipe semen. SNI 2049:2015 menambahkan bahwa semen dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan penggunaannya sebagai berikut:

1. Jenis I, yaitu semen *Portland* yang digunakan untuk penggunaan umum;
2. Jenis II, yaitu semen *Portland* yang digunakan untuk ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang;
3. Jenis III, yaitu semen *Portland* yang digunakan untuk memberikan kekuatan tinggi pada hari awal pengikatan;
4. Jenis IV, yaitu semen *Portland* yang digunakan untuk ketahanan terhadap kalor hidrasi rendah; dan
5. Jenis V, yaitu semen *Portland* yang digunakan untuk ketahanan terhadap sulfat tinggi.

**b. Agregat Halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus harus memenuhi persyaratan Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A SK SNI S 04-1989-F sebagai berikut:

1. Terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan  $\leq 2,2$ ;
2. Bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca;
3. Kandungan lumpur  $\leq 5\%$ ;
4. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak;
5. Susunan besar butiran agregat halus mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu dalam daerah susunan butir menurut zona 1, 2, 3, atau 4.

**c. Air**

Air merupakan komponen penting dari campuran pasta dan mortar, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Kualitas air mempengaruhi kekuatan pasta dan mortar. Air untuk pembuatan mortar

sebaiknya digunakan air bersih dan bebas dari sejumlah minyak, asam, alkali, garam, zat organik, atau zat/bahan lainnya yang dapat merusak mortar atau semua logam yang terdapat di dinding (SNI 03-6882-2002).

#### **d. Bahan Tambahan**

Menurut SNI 03-6882-2002 bahan-bahan tambahan seperti bahan pewarna, bahan pembentuk, gelembung udara, pemercepat atau pemerlambat reaksi, penolak air, dan bahan tambahan lainnya tidak boleh ditambahkan ke dalam mortar kecuali telah ditentukan persyaratannya. Bila dalam dokumen kontrak senyawa kalsium klorida dicantumkan secara jelas, maka dapat digunakan sebagai bahan pemercepat pengerasan dengan jumlah maksimum 2% dihitung terhadap berat kadar semem portland. Jika diperbolehkan menggunakan kalsium klorida, maka penggunaannya harus dilakukan secara berhati-hati, karena senyawa tersebut dapat merusak logam dan beberapa bahan lapis penutup dinding.

### **2.4.3 *Mix Design* Mortar**

Dalam pembuatan campuran mortar, sebelumnya harus dilakukan pengujian terhadap material penyusun yang digunakan dan penentuan jumlah material-material untuk mendapatkan mortar dengan karakteristik yang diinginkan maka dilakukan perhitungan desain campuran (*mix design*). Dalam penelitian ini digunakan metode standar pencampuran untuk mortar yaitu Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Pasangan SNI 03-6882-2002.

Proporsi campuran bahan untuk benda uji mortar yang dibuat di laboratorium harus mengandung bahan-bahan konstruksi seperti semen, pasir, dan air. Pencampuran mortar di laboratorium menggunakan pasir sebanyak 2500 gr untuk pembuatan 3 buah benda uji berbentuk kubus bersisi 5 cm. Pasir yang digunakan harus dikeringkan dalam oven dan didinginkan sampai suhu ruangan. Sejumlah air ditambahkan sampai mendapatkan kelecakan  $110 \pm 5\%$ . Penakaran bahan untuk campuran mortar yang digunakan pada konstruksi harus dikontrol dan dijaga secara tepat. Bobot isi bahan yang dapat digunakan sebagai pedoman penakaran bahan ditunjukkan Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Bobot Isi Bahan (SNI 03-6882-2002)

Bahan	Bobot Isi (kg/m <sup>3</sup> )
Semen Pasangan	1100
Pasir (kering oven dan gembur)	1400

Proporsi campuran dapat diubah berdasarkan volume berdasarkan berat dengan menggunakan faktor pengubah atau faktor koreksi untuk sekali campuran seperti pada Persamaan 2.7, sedangkan untuk berat semen pasangan dan pasir ditunjukkan pada Persamaan 2.8 dan Persamaan 2.9.

$$\text{Faktor Pengubah} = \frac{\text{Bobot Isi Pasir}}{\text{Bobot Isi Pasir} \times \text{Proporsi Pasir}} \quad 2.7$$

$$\text{Berat Semen Pasangan} = \text{Proporsi Semen} \times \text{Bobot Isi Semen} \times \text{Faktor Pengubah} \quad 2.8$$

$$\text{Berat Pasir} = \text{Proporsi Pasir} \times \text{Bobot Isi Pasir} \times \text{Faktor Pengubah} \quad 2.9$$

Semua benda uji dilakukan perawatan (*curing*) pada kondisi suhu yang sama. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 5.11.2 perawatan mortar atau beton dengan kekuatan awal tinggi harus dirawat pada suhu di atas 10°C dengan kondisi lembab sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama setelah pengecoran dilakukan.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini.

**Tabel 2.5** Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Panshin AJ, dan de Zeeuw C. (1980) <b>Textbook of Wood Technology.</b>	Kadar air kayu pada kondisi hijau bervariasi antara <b>26%</b> untuk kayu besi hitam ( <i>Krugiodendron ferreum</i> ) dan 400% untuk kayu balsa ( <i>Ochroma lagopus</i> ) pada berat jenis masing-masing <b>1,18</b> dan 0,20.



No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Martawijaya, A., I.K.Sujana., Y.I. Mandang, S. Amang., dan P.K. Kadir (1989)  <b>Atlas Kayu Indonesia Jilid II, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.</b>	Sifat Mekanik Kayu Ulin - Keteguhan Lentur Statik BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 961 kg/cm <sup>2</sup> ( <b>96,1 MPa</b> ) - Modulus Elastisitas BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 174000 kg/cm <sup>2</sup> ( <b>17400 MPa</b> ) - Kekerasan (ujung) BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 973 kg/cm <sup>2</sup> ( <b>97,3 MPa</b> )
3.	Oey, Djoen Seng (1990)  <b>Berat Jenis dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Berat Kayu untuk Keperluan Praktek.</b>	Sifat Fisik Kayu Ulin - Kadar Air <b>56%</b> (pohon yang baru ditebang) - Berat Jenis <b>1,04</b> (0,88-1,19) (pohon yang baru ditebang)
4.	Puslitbang Teknologi Hasil Hutan (PTHH) (2004)  <b>Atlas Kayu Indonesia, Puslitbang Teknologi Hasil Hutan, Bogor.</b>	Sifat Mekanik Kayu Ulin - Keteguhan Lentur Statik <b>109,19 MPa</b> (beban batas proporsional) - Keteguhan Tarik BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 637,4 kg/cm <sup>2</sup> ( <b>63,74 MPa</b> )
5.	Jamala, G.Y., S.O. Olubunmi., D.A. Mada., dan P Abraham. (2013)  <b>Physical and Mechanical Properties of Selected Wood Species in Tropical Rainforest Ecosystem, Ondo State, Nigeria.</b>	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh spesies kayu terhadap sifat fisik dan mekanik dari beberapa kayu yang dipilih di Ekosistem Hutan Hujan Tropis, Ondo State, Nigeria. Kayu spesies meliputi <i>Meliceae excelsa</i> , <i>Khaya ivorensis</i> , <i>Triplochiton scleroxylon</i> , <i>Azelia africana</i> dan <i>Celtis mildbraedii</i> . Kayu yang digunakan berukuran standar 20 x 20 x 60 mm untuk penentuan sifat fisik dan 10 x 10 x 300 mm untuk sifat mekanik. Semua sampel direplikasi lima kali. Tes untuk

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		<p>sifat mekanik (MOR dan MOE) dilakukan pada <i>Universal Testing Machine</i>. Pada titik kegagalan, gaya yang diberikan yang menyebabkan kegagalan dicatat dan MOR dan MOE dihitung. Hasil penelitian ini menunjukkan variasi yang signifikan (<math>P = 0,05</math>) dalam kepadatan kayu (<i>Azelia africana</i> &gt; <i>Celtis mildbraedii</i> &gt; <i>Meliceae excelsa</i> &gt; <i>Khaya ivorensis</i> &gt; <i>Triplochiton scleroxylon</i>) MOR (N / mm<sup>2</sup>) dan MOE (N / mm<sup>2</sup>) dari spesies kayu ini menunjukkan bahwa <i>Celtis mildbraedii</i> dan <i>Azelia africana</i> memiliki nilai tertinggi (149.94 / 7088 dan <b>136.71 / 6313</b>), <i>Khaya ivorensis</i>, <i>Meliceae excelsa</i> dan <i>Triplochiton scleroxylon</i> memiliki nilai yang lebih rendah.</p>
6.	<p>Kementerian Kehutanan. (2013)</p> <p><b>Atlas Kayu Indonesia; Jilid IV, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengelolaan Hasil Hutan, Bogor.</b></p>	<p>Sifat Mekanik Kayu Gelam</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keteguhan Lentur Statik BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 41,3 kg/cm<sup>2</sup> (<b>41,3 MPa</b>)</li> <li>- Modulus Elastisitas BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 49200 kg/cm<sup>2</sup> (<b>4920 MPa</b>)</li> <li>- Keteguhan Tarik BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 519 kg/cm<sup>2</sup> (<b>51,9 MPa</b>) → radial BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 674 kg/cm<sup>2</sup> (<b>67,4 MPa</b>) → tangensial</li> <li>- Kekerasan (ujung) BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 554 kg/cm<sup>2</sup> (<b>55,4 MPa</b>) → ujung BJ basah 0,65 pada kadar air 70% = 456 kg/cm<sup>2</sup> (<b>45,6 MPa</b>) → sisi</li> </ul>

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
7.	<b>Pranata, YA., dan Johny G.P. (2014)</b> Kekuatan Lentur, MOE, dan MOR Kayu Ulin ( <i>Eusideroxylon Zwageri</i> )	Penelitian ini bertujuan melakukan pengujian eksperimental uji lentur kayu Ulin ( <i>Eusideroxylon Zwageri</i> ) dengan alat Universal Testing Machine (UTM). Hasil yang diperoleh adalah kekuatan lentur ( $F_b$ ) pada beban batas proporsional, kekuatan lentur pada beban ultimit (MoR), dan modulus elastisitas (MOE) lentur. Jumlah benda uji adalah tiga benda uji ukuran penampang 50 mm x 50 mm x 760 mm sesuai metode uji primer ASTM D143. Hasil yang diperoleh adalah $F_b$ sebesar <b>52,45 MPa (deviasi standar 226,24 MPa dan koefisien variasi 25,40%)</b> , MoE sebesar <b>5573,79 MPa</b> , MoR sebesar <b>85,92 MPa (deviasi standar 112,55 MPa dan koefisien variasi 7,71%)</b> .
8.	<b>Ataguba C.O., C. Enwelu., W. Aderibigbe., dan E.O. Okiwe (2015)</b> <b>A Comparative Study Of Some Mechanical Properties Of Gmelina Arborea, Parkia Biglobosa And Prosopis Africana Timbers For Structural Use</b>	Kayu Ulin yang diuji adalah <i>Prosopis africana</i> dengan acuan British Standard 5268: 2002, dan dipatkan hasil sebagai berikut. Kadar Air 1. 50 x 50 mm = 11,5% 2. 50 x 75 mm = 11,6% 3. 75 x 75 mm = 11,8% Berat Jenis 1. 50 x 50 mm = 0,98 2. 50 x 75 mm = 0,978 3. 75 x 75 mm = 0,988 Kuat Lentur 1. 50 x 50 x 450 mm = 22,7 MPa 2. 50 x 75 x 450 mm = 22,8 MPa 3. 75 x 75 x 450 mm = 22,8 MPa Modulus Elastisitas 1. 50 x 50 x 450 mm = 17570 MPa

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		2. 50 x 75 x 450 mm = 18010 MPa 3. 75 x 75 x 450 mm = 17780 MPa
9.	Irawan, Bambang (2016)  <b>Physical and Mechanical Properties of Four Varieties of Ironwood.</b>	Sifat Fisik Kayu Ulin → Benda uji 10 x 20 x 20 mm (British Standard 375-57)  Kadar Air dan Berat Jenis <i>Exilis</i> = 39% dan 0,87 <i>Ovoidus</i> = 36% dan 0,90 <i>Zwageri</i> = 34% dan 0,91 <i>Grandis</i> = 43% dan 0,82  Sifat Mekanik Kayu Ulin → Benda uji 20 x 20 x 240 mm (British Standard 375-57)  1. Elastisitas <i>Exilis</i> = 15466,6 MPa <i>Ovoidus</i> = 13773,0 MPa <i>Zwageri</i> = 12321,0 Mpa <i>Grandis</i> = 13365,2 MPa  2. Kuat Tarik <i>Exilis</i> = 3,56 MPa <i>Ovoidus</i> = 4,50 MPa <i>Zwageri</i> = 4,10 MPa <i>Grandis</i> = 4,14 MPa  3. Kekerasan <i>Exilis</i> = 63,8 MPa <i>Ovoidus</i> = 58,3 MPa <i>Zwageri</i> = 78,5 MPa <i>Grandis</i> = 78,3 MPa
10.	Khairil (2017)  <b>Klasifikasi Kode Mutu Kayu Provinsi Sulawesi Selatan</b>	Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 18 jenis kayu yaitu kayu durian, kayu jati, kayu meranti merah, kayu bayam, kayu cendana, kayu jati putih, kayu mangga, kayu bugis, kayu tipulu, kayu uru, kayu nato, kayu kalapi, kayu eha/pasang, kayu saling-saling,



No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		<p>www.itk.ac.id</p> <p>kayu jabon/bance, kayu bitti, kayu sengon merah, dan kayu putih/gelam dengan mencari nilai elastisitas dari masing-masing sampel untuk mendapatkan kode mutu sesuai standar. Kayu-kayu tersebut diolah menjadi benda uji dengan dimensi <math>5 \times 5 \times 5</math> cm dengan jumlah benda uji untuk setiap jenis kayu sebanyak 5 sampel uji. Hasil yang diperoleh berupa nilai elastisitas kayu : durian = 9177 MPa, jati = 11866 MPa, meranti merah = 7983 MPa, bayam = 14851 MPa, cendana = 9832 MPa, Jati putih = 9137 MPa, mangga = 10920 MPa, bugis = 9247 MPa, tipulu = 8619 MPa, uru = 8154 MPa, nato = 8165 MPa, kalapi = 11562 MPa, eha/pasang = 11727 MPa, saling-saling = 9457 MPa, jabon/bance = 7526 MPa, bitti = 12331 MPa, sengon merah = 8741 MPa, <b>kayu putih/gelam = 10741 MPa.</b></p>
11.	Basyaruddin, Alnovia Suryaningsih, dan Jatmoko Awali (2019)	<p>Penelitian ini dilakukan untuk menemukan kekuatan lentur gelam dan sengon berdasarkan SNI 03-3959-1995. Juga, spesimen dengan lebar 50 mm, tinggi 50 mm, dan panjang 760 mm diuji menggunakan metode dua titik pemuatan berdasarkan ASTM D-198. Penelitian ini menunjukkan bahwa <b>rata-rata kekuatan lentur gelam adalah 100,13 MPa</b> yang lebih besar dari sengon (82,62 Mpa). Selanjutnya, sebagai struktur rangka sederhana, simulasi menunjukkan bahwa gelam dan sengon masih mampu menahan momen yang dihasilkan dari beban layanan.</p>

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian															
12.	Kyaw Kyaw dan Wai Yan Soe (2019)  <b>Study on Physical and Mechanical Properties of Historical Timber Building in Myanmar: (A Case Study of Pyay Hostel in Yangon University Campus)</b>	Kayu ulin jenis <i>Xylia olabriformis</i> diuji sifat fisik dan mekanik berdasarkan standar pengujian ASTM.D 143-09.  1. Kadar Air = 10% 2. Berat Jenis = 0,8 3. Kuat Lentur = 193,9 MPa 4. Elastisitas = 26751,7 MPa															
13.	Sanada, Haruna Aiso., Ikumi Nezu, Futoshi Ishiguri, Aina Nadia Najwa Binti Mohamad Jaffar, Douglas Bungan Anak Ambun, Mugunthan Perumal, Mohd Effendi Wasli, Tatsuhiko Ohkubo, dan Hisashi Abe. (2020)  <b>Basic wood properties of Borneo ironwood (<i>Eusideroxylon zwageri</i>) planted in Sarawak, Malaysia.</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kadar Air</th> <th>Berat Jenis</th> <th>Elastisitas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A = 37,5%</td> <td>A = 0,86</td> <td>A = 20630 MPa</td> </tr> <tr> <td>B = 39,8%</td> <td>B = 0,83</td> <td>B = 19320 MPa</td> </tr> <tr> <td>C = 37,2%</td> <td>C = 0,87</td> <td>C = 18040 MPa</td> </tr> <tr> <td>D = 34,3%</td> <td>D = 0,90</td> <td>D = 15880 MPa</td> </tr> </tbody> </table>	Kadar Air	Berat Jenis	Elastisitas	A = 37,5%	A = 0,86	A = 20630 MPa	B = 39,8%	B = 0,83	B = 19320 MPa	C = 37,2%	C = 0,87	C = 18040 MPa	D = 34,3%	D = 0,90	D = 15880 MPa
Kadar Air	Berat Jenis	Elastisitas															
A = 37,5%	A = 0,86	A = 20630 MPa															
B = 39,8%	B = 0,83	B = 19320 MPa															
C = 37,2%	C = 0,87	C = 18040 MPa															
D = 34,3%	D = 0,90	D = 15880 MPa															
14.	Wildan, Muhammad (2019)  <b>Studi Eksperimental Elemen Lentur Balok Komposit Dengan Memanfaatkan Material Kayu (Beton Ber-Gelam) Dengan Mengaplikasikan Konsep Tulangan Rangkap.</b>	Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu variasi rasio tulangan gelam 0%, 2%, 3.6%, 4.5% dan 5.5 %. Hasil uji lentur diperoleh nilai kuat lentur variasi 0% sebesar 2.01 MPa, variasi 2% sebesar 5.50 MPa, variasi 3.6% sebesar 6.41 MPa dan variasi 4.5 % sebesar 7.05 MPa. Pola retak yang terjadi pada variasi rasio tulangan 0%, 2%, 3.6%, 4.5% didominasi oleh pola retak lentur, sementara pada variasi rasio tulangan 5.5% didominasi pola retak geser.															

No.	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		<p>Hasil pengujian kuat tarik kayu gelam diperoleh nilai kuat tarik pada sampel G1 memiliki nilai paling besar yaitu 164,51 MPa sedangkan kuat tarik sampel G4 memiliki nilai paling kecil yaitu 141,30 MPa. Dari hasil penelitian didapat nilai rata-rata kuat tarik kayu gelam sebesar 153,33 MPa. Perbandingan antara nilai kuat lentur eksperimen dengan nilai kuat lentur hasil analisa diperoleh data jika nilai kuat lentur eksperimen lebih besar daripada nilai kuat lentur analisa, sehingga dapat dikatakan jika kayu gelam dapat diaplikasikan sebagai alternatif pengganti tulangan pada balok dan ringbalk rumah sederhana 2 lantai.</p>



[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)